

初版

北陸地方の市町村が管理する短支間橋梁における 標準的な維持管理の手引き（案）

平成 31 年 3 月

S I P インフラ 維持管理・更新・マネジメント技術

「コンクリート橋の早期劣化機構の解明と

材料・構造性能評価に基づくトータルマネジメントの開発」

北陸地方の短支間橋梁を対象にした維持管理標準の刊行にあたって

まずは最初に、北陸 SIP の活動に対して地域の皆様方よりいただいた、あたたかい励ましとご支援に対して厚く御礼申し上げます。ありがとうございました。

北陸 SIP では、平成 26 年度からの 5 年間にわたる研究開発を通して、金沢大学、金沢工業大学、石川工業高等専門学校、長岡技術科学大学、福井大学、富山県立大学、長岡工業高等専門学校との 5 大学・2 高専、教員・研究者の間での連携による「学の輪」と、さらに地方のインフラ管理者や技術者に拡大した、産官学民による「地域の輪」を構築することを中心に据えて活動してきました。さらに、平成 28 年度より北陸 SIP に地域実装支援グループの地域中核拠点としての事業が加わり、北陸 SIP では北陸 4 県（新潟県、富山県、石川県、福井県）の区市町村のインフラ管理者への出張訪問（インタビュー）を通して、この地方が抱えるインフラ維持管理の実情と課題を掘り下げてきました。今後、人口が大きく減少し、技術者、資金も大きく不足する、北陸地方でのインフラ維持管理は、それぞれの地方での「身の丈にあったもの」に変えることが必要であり、地方にあった技術開発とそれを担う人材育成を目標にして、地域フォーラムや報告会、技術展示会などを積極的に企画してきた経緯があります。この活動の中で、塩害とアルカリシリカ反応（ASR）による深刻な劣化問題は、国、区市町村で共通しており、地域特有の課題として再認識されてきました。とくに、平成 31 年度から 2 巡目に入る橋梁の点検業務を控えて、市町村が所有する膨大な数の小規模橋梁（5～10m）のメンテナンスサイクル（点検→診断→措置→記録）を「実際にどのようにする（方策）」のか、「本当に全ての橋梁で実施する（判断）」のかが、地方のインフラ管理者にとっての喫緊かつ最大の課題であることが分かってきました。これまでの学協会の指針やマニュアルは国や NEXCO、JR などの比較的大規模な橋梁を対象としており、小規模な地方道路橋の実情とは実施要領がかけ離れており、そのまま指針やマニュアルを適用することが難しいことが指摘されています。すなわち、地方道路橋では、全ての橋梁を「予防保全」の対象として管理するのはすでに無理（無駄）であり、橋梁の供用制限や撤廃、さらに路線廃止までを視野に入れた維持管理要領の変更が強く求められています。このたび、平成 31 年 3 月に開催する北陸 SIP 地域実装グループによる最終報告会に合わせて、「北陸地方が管理する短支間橋梁における標準的な維持管理の手引き（案）」を刊行することができました。本手引き（案）は、次年度からの実橋梁への点検や補修業務の実践を通して、「より使いやすい」、「より役立つ」ものへと、今後とも改訂（バージョンアップ）を図っていく所存であります。地域の皆さま方からのご意見やさらなるご提案をいただければ幸いです。

最後に、この手引きの作成にあたって、わずか 2 年という限られた時間の中で、精力的な執筆活動と意見集約を担ってこられた、宮里心一先生（金沢工業大学）、深田宰史先生（金沢大学）、伊藤始先生（富山県立大学）を始めとした 13 名からなる北陸 SIP の大学・高専若手教員の方々に深く感謝の意を表します。

SIP インフラ 維持管理・更新・マネジメント技術「コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料・構造性能評価に基づくトータルマネジメントの開発」（北陸 SIP）研究代表者
金沢大学 理工研究域地球社会基盤学系 環境デザイン学系 特任教授
鳥居 和之

目次

1章 総則	
1. 1 目的	1
1. 2 用語の定義	4
2章 適用の対象	4
3章 維持管理の手順	8
4章 点検方法	11
5章 措置方法	12
6章 手引きの運用	14

1 章 総則

1. 1 目的

この手引きは、北陸地方の市町村における道路橋の維持管理の合理化に資することを目的として、点検、評価判定、補修・更新の一連において参考となる標準的な手順や方法を示す。市町村においては、個々の自然環境や社会環境を踏まえて、実情に適するように変更して活用することが望ましい。

【解説】

北陸地方の幹線道路には、冬季に多量の凍結防止剤が散布される。また海岸部では、季節風などによって多量の塩化物イオンが飛来する。したがって、道路橋において塩害が進行しやすい。さらに、安山岩が主要因とされるアルカリシリカ反応（以下、ASR と称す）も散見される。そして一部では、それらの複合劣化が生じた橋梁も存在する。これらの現象は、全国の平均的な経年劣化の進行よりも早く、早期に道路橋の性能を低下させている。したがって、全国をマクロに見た画一的な道路橋のマネジメントシステムとは異なった、北陸地方の早期劣化に対応した維持管理の手順や方法の提案が求められている。

北陸 SIP では、2014 年度から 2018 年度までの 5 年間に亘り、**解表 1.1** に示す大学および高等専門学校（高専）が中心となり、産官学民が協同で、コンクリート橋の早期劣化機構の解明と、材料・構造に係わる性能を考慮したマネジメントシステムの開発を推進した。

解表 1.1 北陸 SIP に参加した大学および高専

新潟県	長岡技術科学大学、長岡工業高等専門学校
富山県	富山県立大学、富山大学※
石川県	金沢大学、金沢工業大学、石川工業高等専門学校
福井県	福井大学

※：富山大学は平成 30 年度に土木系の学科が新設されたため、共同研究グループとして組織化していないが、会議やヒアリング調査などの実質的な活動には参加した。

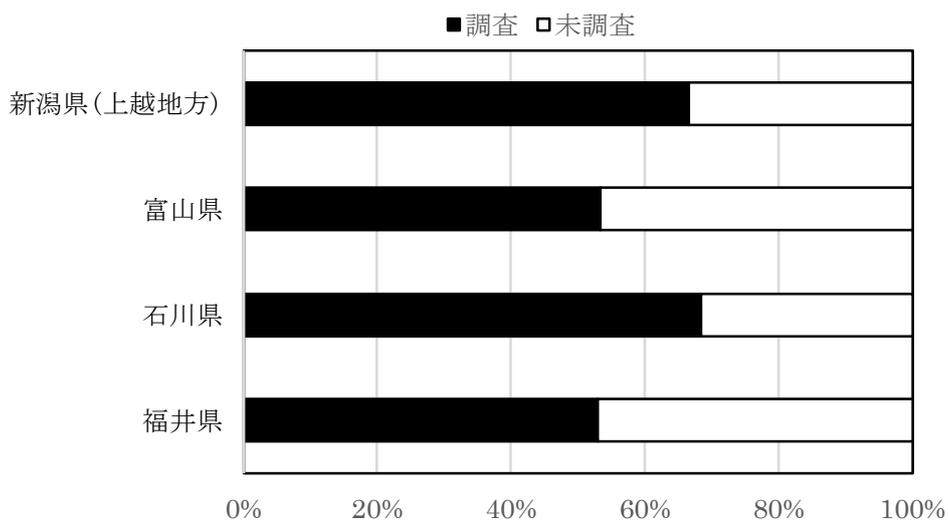
この手引きに示す手順および方法は、上記の活動に基づく成果である。特に、平成 29 年度と 30 年度の 2 年間において、**解表 1.2** に示す教員が、**解表 1.3** に示す市町や富山県・石川県・福井県へ訪問しヒアリング調査したり、一般社団法人建設コンサルタンツ協会北陸支部や国立研究法人土木研究所構造物メンテナンス研究センター（以下、CAESAR と称す）と意見交換したりした。**解図 1.1** に示すとおり、訪問した市町は各県（新潟県においては上越地方のみ）内の 6 割を占めた。これらにより、北陸 SIP が考える学術的な提案と、市町の道路橋の維持管理の実状の、整合を図った。その結果、**解表 1.4** に示すとおり、多くの市町の課題は共通していることが明らかになり、それらをニーズとして踏まえた標準をこの手引きに示す。ただし、日本海に面する市町村と面しない市町村、管理橋梁の多い市町村と

少ない市町村など、個々の市町村において自然環境や社会環境は異なる。したがって、各市町村の実情に合わせて、この標準的な手順と方法を変更することが望ましい。

なお、この手引きは、北陸地方を対象に整理した。ただし、市町村の道路橋における維持管理の合理化は、全国的な課題であり¹⁾、他の地方においても参考になると考える。

解表 1.2 市町へのヒアリング調査に参加した大学および高専の教員

氏名	所属
伊藤 始	富山県立大学
井林 康	長岡工業高等専門学校
内田 慎哉	富山県立大学
久保 善司	金沢大学
河野 哲也	富山大学
鈴木 啓悟	福井大学
立花 潤三	富山県立大学
田中 泰司	金沢工業大学
津田 誠	石川工業高等専門学校
花岡 大伸	金沢工業大学
深田 宰史	金沢大学
宮里 心一	金沢工業大学
宮下 剛	長岡技術科学大学



解図 1.1 ヒアリング調査した市町の割合

1) 中村一史ほか：地方公共団体へのアンケート調査による道路橋の維持管理に関する現状分析、土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集、Vol.1、pp.47-48、2017

解表 1.3 ヒアリング調査した市町

県	市町	人口(人)	面積(km ²)	管理橋梁数	所在
新潟 (上越地方)	上越市	193,039	973.8	1,146	日本海沿岸
	糸魚川市	43,897	746.2	525	日本海沿岸
富山	富山市	417,760	1,241.7	2,222	日本海沿岸
	氷見市	48,671	230.6	360	日本海沿岸
	朝日町	11,936	227.4	122	日本海沿岸
	高岡市	172,535	209.6	1,200	日本海沿岸
	射水市	93,289	109.4	492	日本海沿岸
	南砺市	51,171	668.6	923	内陸部
	小矢部市	30,162	134.1	449	内陸部
	入善町	24,894	71.6	450	日本海沿岸
石川	金沢市	466,183	468.6	1,388	日本海沿岸
	かほく市	34,293	64.4	90	日本海沿岸
	輪島市	26,312	426.3	446	日本海沿岸
	能美市	48,934	84.1	252	日本海沿岸
	白山市	109,581	754.9	369	日本海沿岸
	内灘町	26,943	20.3	7	日本海沿岸
	宝達志水町	12,805	111.5	132	日本海沿岸
	野々市市	55,297	13.5	220	内陸部
	小松市	106,905	371.0	473	日本海沿岸
	津幡町	37,618	110.6	174	内陸部
	珠洲市	14,574	246.9	171	日本海沿岸
	加賀市	67,357	305.9	356	日本海沿岸
	中能登町	18,102	89.5	244	内陸部
	福井	福井市	264,344	536.4	1,771
越前町		21,021	153.2	225	日本海沿岸
鯖江市		68,397	84.6	399	内陸部
小浜市		29,534	233.1	402	日本海沿岸
勝山市		23,392	253.9	349	内陸部
越前市		83,184	230.7	675	内陸部
敦賀市		66,060	251.4	307	日本海沿岸
池田町		2,604	194.7	99	内陸部
美浜町		9,609	152.4	130	日本海沿岸

(平成 29～30 年のヒアリング調査時点)

解表 1.4 ヒアリング調査で多くの市町が挙げた課題

原因	No	課題	割合※	対応章
支援体制	①	道路メンテナンス会議で、技術的な知見を得にくい。	10	6
	②	道路橋データベースへの登録料は高価であるが、フィードバックは少ない。	9	6
計画	③	橋梁長寿命化修繕計画の改定時に参考となるモデルが無い。	10	6
	④	予防保全への移行を希望するが、現時点では計画できない。	9	3
点検	⑤	重要性や形式などを鑑みて、点検方法を変化させられない。	10	4
補修	⑥	全橋梁に対する近接目視のための点検費用を確保しなければならぬため、補修費用を捻出しづらい。	10	3
	⑦	適切な補修方法とその効果が分からない。	10	5

※ 調査した全市町の内、課題として挙げた市町の割合（割）

1. 2 用語の定義

この手引きでは、次のように用語を定義する。

短支間橋梁：橋長が 2m 以上 5m 未満の橋梁。土被り 1m 未満の溝橋（カルバートボックス）や床版橋を含む。

事後保全：劣化が顕在化した後に処置を実施する行為。

予防保全：劣化を顕在化させないための予防的処置を実施する行為。

【解説】

短支間橋梁について 北陸地方には農業用水が多く、それを跨ぐための 5 m 未満の橋梁が多い。なお、一部の市町村の点検においては、橋長が 6 m 未満を短い支間の橋梁として区分している。このような場合、適用において支障が無ければ、長さが 6 m 未満の橋梁を短支間橋梁として読み替えてもよい。また、県の橋梁点検マニュアル等では、橋長が 15m 未満の道路橋を小規模橋梁として定義しており、短支間橋梁は小規模橋梁の一部に含まれる。

事後保全と予防保全について 人間に例えると、虫歯になってから、歯医者へ行く医療行為が、事後保全に当たる。一方、日常の歯磨きは、予防保全に当たる。事後保全では、人間であれば痛みを伴い、道路橋であれば陥没や落橋のリスクを伴う。また一般的に、事後保全では一時的に高額な処置費を要し、一方予防保全では処置費用が平準化され少額で済む。

2 章 適用の対象

この手引きに示す手順や方法の適用対象は、緊急輸送道路や跨道橋・跨線橋ではなく、かつ著しい初期不具合は無く、さらに交通量が少ない、北陸地方の市町村が管理する短支間橋梁である。

【解説】

国土交通省道路局の舗装点検要領によれば、**解図 2.1** に示すとおり、舗装の点検にあたっては、特性に応じて道路を4つに区分している。これを参考に、**解表 2.1** に示すとおり、道路橋を4つのグループに区分した。この内、緊急輸送道路や跨道橋・跨線橋ではなく、かつ交通量が少なく（例えば1000台/日未満）、橋長の短いグループCが、この手引きの適用の対象である。また、**解図 2.2** に示すようなかぶり不足等の初期不具合は、設計の前提条件が確保されず、上部工コンクリートの剥落を誘発する。したがって、著しい初期不具合がある橋梁に対しては、この手引きに示す簡易な手順や方法では、たとえ生活道路であっても安全を確保できるとは言い切れず、適用の対象から除外した。なお、北陸地方では、**解図 2.3** および**解図 2.4** に示すように、ASRが生じた道路橋が散在している。また、**解図 2.5** に示すように、塩害に対する補修後、一部ではマクロセル腐食により再劣化している。これらは、適用の対象である。さらに、すべての建設年が適用の対象である。すなわち、昭和54年（1979年）以前の床版の厚さは現行基準と比較して薄く、疲労で抜け落ちやすいことが指摘されているが、北陸地方の市町村道では大型車交通量が少ない。加えて、昭和61年（1986年）に建設省から「アルカリ骨材反応暫定対策」が通達されているが、北陸地方ではそれ以降の建造物であっても一部ではASRが進行している。そのため、建設年による区分は特に設けなかった。

特性	分類	主な道路 (イメージ)
<ul style="list-style-type: none"> ・高規格幹線道路 等 (高速走行など求められるサービス水準が高い道路) 	A	
<ul style="list-style-type: none"> ・損傷の進行が早い道路 等 (例えば、大型車の交通量が多い道路) 	B	
<ul style="list-style-type: none"> ・損傷の進行が緩やかな道路 等 (例えば、大型車の交通量が少ない道路) 	C	
<ul style="list-style-type: none"> ・生活道路 等 (損傷の進行が極めて遅く占有工事等の影響が無ければ長寿命) 	D	

注：分類毎の道路選定は各道路管理者が決定（あくまでイメージであり、例えば、市町村道であっても、道路管理者の判断により分類Bに区分しても差し支えない）

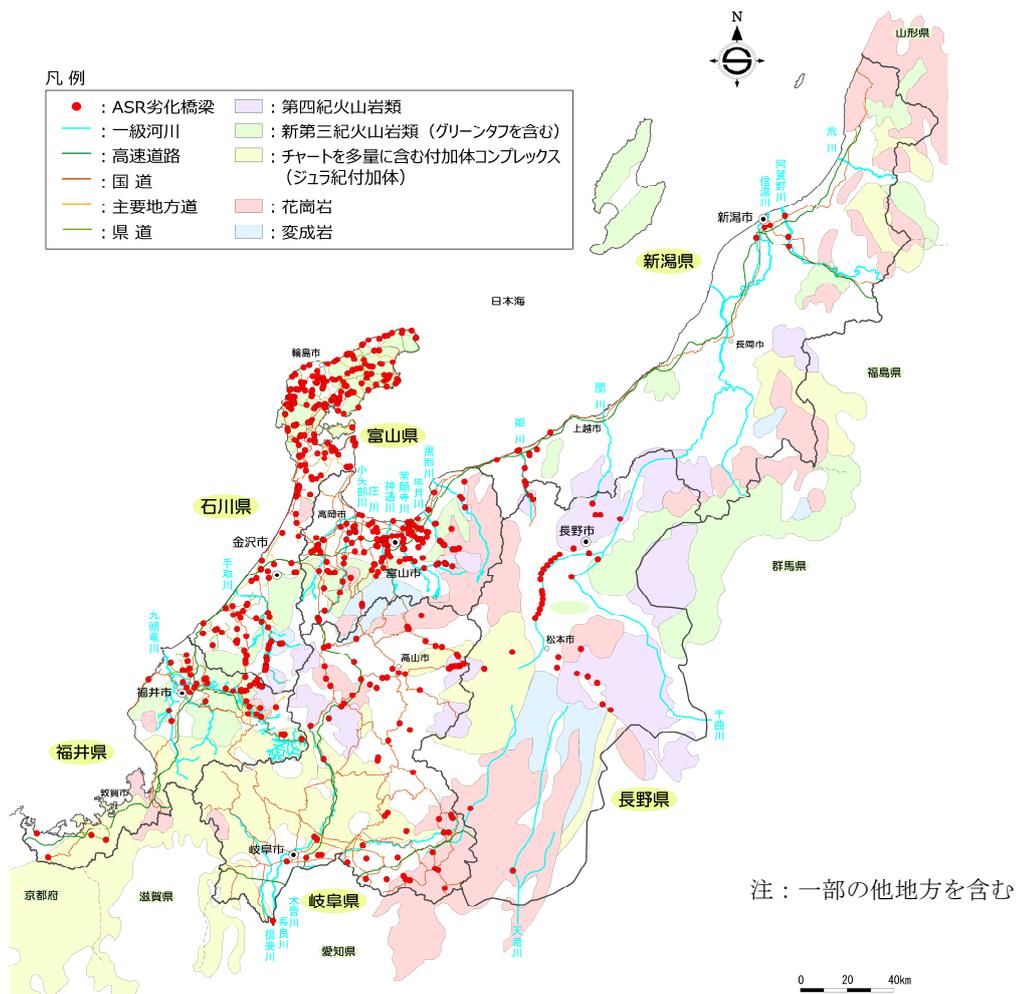
解図 2.1 舗装点検要領に示される道路の分類のイメージ

解表 2.1 道路橋の維持管理の区分 (案)

グループ	対象
A	緊急輸送道路の橋梁、跨道橋、跨線橋、橋長 15m 以上の橋梁
B	上記以外で、例えば橋長 5~15m の橋梁
C	上記以外で、例えば橋長 5m 未満で、交通量の少ない橋梁
D	設計耐用年が近く交通量の少ない橋梁、過疎地域で今後撤去の可能性がある橋梁



解図 2.2 初期不具合により上部工コンクリートが剥落した短支間橋梁



解図 2.3 北陸地方の ASR が生じた橋梁マップ



解図 2.4 ASR により劣化した橋梁の例



解図 2.5 マクロセル腐食により再劣化した断面修復部の例

なお、適用の対象ではない、橋長が長い橋梁や重要な橋梁等に対しては、国道、高速道路、県道と同様の手順や方法により維持管理することが望ましい。また、劣化原因を特定するならば、日本コンクリート工学会が出版する「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-」等が参考になる。さらに、塩害や ASR による劣化が生じていることが明らかな橋梁の維持管理に対しては、解表 2.2 に示す CAESAR のウェブページや国土交通省北陸地方整備局の「塩害橋梁維持管理マニュアル（案）」および近畿地方整備局の「アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン（案）」が参考になる。

解表 2.2 CAESAR のウェブページアドレス

点検・調査	https://www.pwri.go.jp/caesar/manual/index.html
補修・補強	https://www.pwri.go.jp/caesar/manual/list2.html

3章 維持管理の手順

コンクリート橋の上部工と下部工に対する維持管理の手順は、**図 3.1** に示す、点検、評価判定、補修・更新の流れを標準とする。

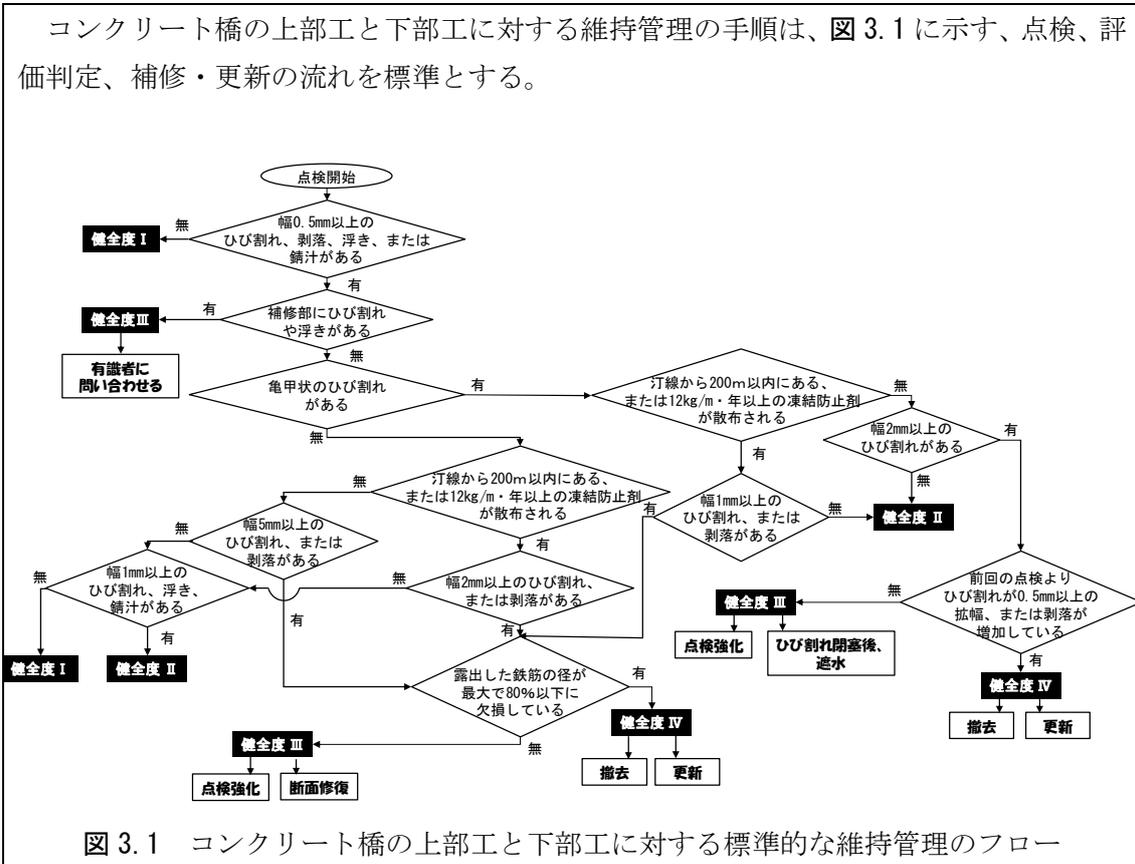
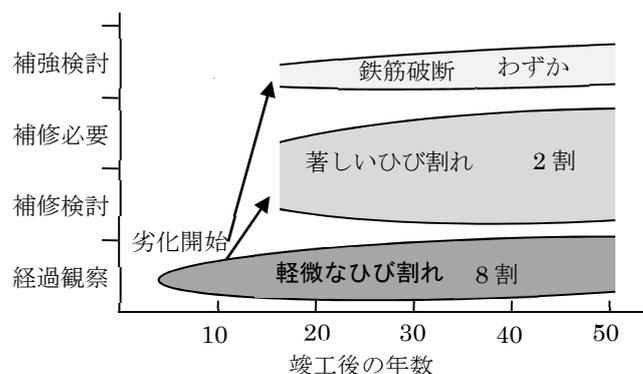


図 3.1 コンクリート橋の上部工と下部工に対する標準的な維持管理のフロー

【解説】

土木学会 コンクリート委員会 材料劣化が生じるコンクリート構造物の維持管理優先度研究小委員会により編集された「材料劣化が生じるコンクリート構造物の維持管理優先度研究小委員会 (342 委員会 (第 2 期)) 委員会報告書」によれば、北陸地方の市町村が管理する短支間橋梁のように維持管理水準を高く設定せず、かつ農業用水を跨ぐために第三者影響は無視できる場合、耐荷性能限界まで使用した後に供用停止するシナリオのライフサイクルコストが最も安価になる。すなわち、闇雲に補修することを避けるシナリオが、最も経済的である。したがって、このフローでは、一切の予防保全を実施しないことにした。また、事後保全は、塩害に対しては耐力の著しい低下が生じていなく、ASR に対しては劣化の進行速度が遅く、いずれも補修効果を期待できる場合に限り、実施することにした。すなわち、塩害に対しては鉄筋の欠損量が少ない場合、一方 ASR に対してはひび割れ幅の増加量が少ない場合に限って、補修を実施することにした。さらに、**解図 3.1** によれば、ASR の劣化進行は軽微なひび割れが生じた状態のままで済む場合が 8 割である。したがって、ASR の可能性がある場合でも、一度の点検だけで補修の要否を判定するのではなく、前回の点検 (ここでは、5 年前の近接目視点検を想定している) よりひび割れ幅が 0.5mm 以上増加し

ている場合に限り、撤去（廃橋）あるいは更新することにした。ここで、ASR のひび割れ幅が既に大きくさらに進行中の場合は、補修・補強により劣化進行を抑制する効果を期待できないため、特に短支間橋梁であれば架け替えが安価になると考えた。



解図 3.1 ASR を有するコンクリート構造物の劣化進行イメージ

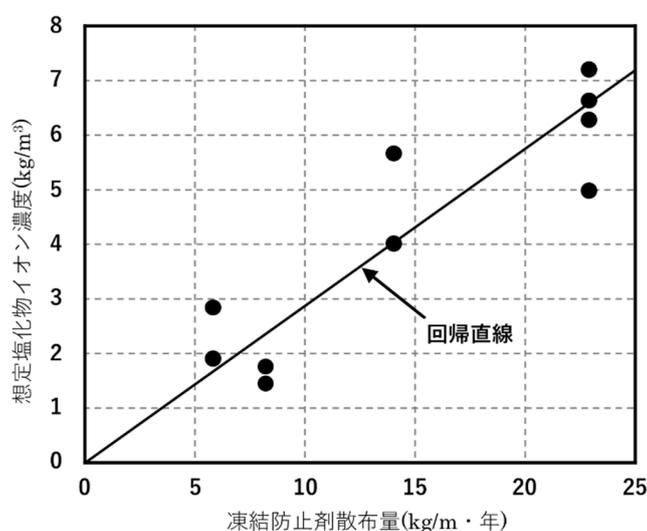
(参考：河野広隆、コンクリート構造物のアルカリ骨材反応劣化進行と維持管理のあり方に関する研究、京都大学、博士論文)

このフローでは、点検の際に調査する項目を、ひび割れの幅と形状、および剥落、浮きや錆汁の有無とした。ここで、亀甲状のひび割れは、ASR による劣化の主たる特徴である。したがって、このフローでは、専門家による調査や特別な機器を用いた調査を避けるため、特徴的なひび割れの有無で、ASR の可能性を判断することにした。また、高強度のプレテンション PC 桁では、腐食によるひび割れは発生していなくても、錆汁が生じ、その段階で鋼材が破断している場合がある²⁾。したがって、ひび割れの有無のみならず、浮きや錆汁の有無も調査することにした。

飛来塩化物イオン量の多い北陸地方においても、土木研究所資料 第 3175 号「飛来塩分量全国調査 (IV)」p.27 によれば、海岸線からの距離が 300m を超えると、100 年以上経過しても鉄筋は腐食しないと試算されている。その後、国総研資料 第 55 号「コンクリート橋の塩害対策資料集」p.60 によれば、海岸線からの距離が 700m を超えると、鉄筋は腐食しないと試算されている。したがって、鉄筋の腐食を許容しない水準で維持管理するならば、汀線から 700m をしきい値として、塩害の影響を区分することが望ましい。しかしながら、市町村が管理する短支間橋梁においては、鉄筋の腐食は許容した上で、陥没や落橋を防ぐ水準で維持管理してもよいと考えた。ここで、海岸線に近いほど劣化は進行し³⁾、特に 200m 以内では、劣化の顕在後は早くに補修する必要性が指摘されている⁴⁾。そのため、このフローでは、汀線から 200m をしきい値として、塩害の影響を区分することにした。

- 2) 朝倉啓仁ほか：コンクリート橋の塩害損傷である錆汁と腐食ひび割れの発現順序に関する一考察、土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集、Vol.5、pp.1117-1118、2016
- 3) 高橋毅、田中泰司：新潟県沿岸部における橋梁の塩害劣化の実態分析、コンクリート工学年次論文集、Vol.35、No.1、pp.829-834、2013
- 4) 前田圭ほか：鹿児島県における橋梁群の維持管理に係わる環境外力の影響評価に関する一考察、土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集、Vol.5、pp.899-900、2016

北陸地方でさえも、市町村道への凍結防止剤の散布は少ない。ただし、国道や高速道路で車両に付着した塩化物イオンが、近接する市町村道に影響を及ぼす可能性もある。ここで、中日本高速道路株式会社管内の高速道路における凍結防止剤散布量と表面塩化物イオン濃度の関係を、**解図 3.2**に示す。また、上述の海岸部の塩害においては、汀線から 200m をしきい値としており、土木学会 2018 年制定コンクリート標準示方書【維持管理編】 p.143 によれば、表面塩化物イオン量は $3.0\sim 4.5\text{kg/m}^3$ に相当する。この値は、**解図 3.2** によれば、凍結防止剤散布量が $11\sim 17\text{kg/m}\cdot\text{年}$ に相当する。そのため、このフローでは、凍結防止剤散布量が $12\text{kg/m}\cdot\text{年}$ をしきい値として、塩害の影響を区分することにした。



解図 3.2 凍結防止剤散布量と表面塩化物イオン濃度の関係

(参考：酒井秀昭、凍結防止剤散布地域の橋梁壁高欄の塩化物イオン濃度の予測方法に関する研究、土木学会論文集 E、Vol.66、No.3、pp.268-275、2010)

補修部におけるひび割れや浮きは、再劣化が原因で生じたと考えられる。この場合、補修時期、補修材料、補修範囲等のいずれが悪影響を及ぼしたかを明らかにし、以後の同様な状態への対策に役立つ必要がある。そのため、北陸地方の有識者、例えば**解表 1.2**に示す大学や高専の教員やコンクリート診断士等へ問い合わせることにした。

市町村にとって、このフローを使用する長所は、1) 劣化要因を特定せずに措置方法を選定できる、2) 基本的な点検対象はひび割れ幅、剥落、錆汁、浮き等だけであり、専門的な知識や機材を用いなくても調査できる、3) 近々の課題である事後保全に対応している、点である。特に 3)に関しては、**解表 1.4**の④を考慮した。また 1)に関しては、足場を仮設し

補足：塩化ナトリウムを主成分とする凍結防止剤や、酢酸カリウム、酢酸ナトリウム、ギ酸カリウムおよびギ酸ナトリウムを主成分とする融雪剤は、ASR を助長する。そのため、北陸地方では使用してはいけない。

て点検した直後に、該当箇所へ効果を確認している方法の補修を点検者が施せば、補修設計や補修を改めて個別に発注する手間を省け、合理化を図れる。これにより、**解表 1.4** の⑥に対応できる。

ここで、道路橋の性能に影響を及ぼす主要な部材として、高欄、地覆、伸縮装置、支承などではなく、まずは上部工と下部工を優先的に対象とした。なお、前述の国総研資料 第 55 号「コンクリート橋の塩害対策資料集」p.75 によれば、上部工の損傷度と下部工の損傷度は、同一傾向になることが報告されている。したがって、上部工と下部工を区別せず、標準的な維持管理のフローを策定した。

また、北陸地方の市町村が管理する道路橋の多くはコンクリート橋であり、鋼橋は少ない。そのため、この手引きは、コンクリート橋に対する点検、評価判定、補修・更新の手順を対象としている。鋼橋の維持管理のフローについては、土木学会 鋼構造委員会 鋼構造の残存耐荷性能評価と耐久性向上方策研究小委員会が編集した「鋼構造シリーズ 18 腐食した鋼構造物の耐久性照査マニュアル」等が参考になる。これによれば、例えば凍結防止剤の散布量が $1\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 以下であれば、耐候性鋼桁への影響は小さいことが紹介されている。また、飛来塩化物イオン量が 0.05mdd 以下の海岸部であれば、耐候性鋼桁を使用できるとの知見がある。これらの情報と **図 3.1** のフローを参考にしつつ、鋼橋特有の点検、評価判定、補修・更新を手順化することが望ましい。なお、次章以降の方法は、鋼橋にも適用できる。

4 章 点検方法

- (1) 前回の定期点検における健全度が I および II の場合、タブレットや簡易なチェックシートを用いるなどの簡易な方法により点検してもよい。
- (2) 前回の定期点検における健全度が III で、特殊な足場等を必要とせず近接目視が可能な場合、コンサルタントなどの専門家による点検が望ましい。なお、包括的な一括発注により、委託費は削減される場合もある。

【解説】

(1) について **解表 1.4** の⑤を踏まえて、陥没や落橋のおそれが少ない場合には、簡易な方法による点検を推奨する。ここで、新潟市や糸魚川市が管理する一部の橋梁に対しては、タブレットを用いた点検^{5),6),7)}が実用され、合理化に資する効果が確認されている。

また、加賀市が管理する一部の橋梁に対しては、項目を限定した簡易シートを用いた点検が実装されており、合理化に資する効果が確認されている。

-
- 5) 井林康ほか：スマートフォンを用いた住民参加型の橋梁点検システム構築と実用化に向けての検討、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、Vol.17、No.1、pp.631-634、2017
 - 6) 佐々木悠祐ほか：タブレット端末を用いた橋梁概略点検システムの実地調査による有効性の検討、土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集、Vol.6、pp.665-666、2015
 - 7) 丸山久一、田中泰司：北陸における橋梁の老朽化の現状と課題、第 6 回社会資本整備セミナー、2012

(2)について 前回の定期点検における健全度がⅢの場合には、専門家により 5 年以内の陥没や落橋の可能性を評価判定すべく、従来の近接目視点検方法を推奨する。ただし、SIP インフラによる成果を含め、ドローンや高性能カメラを含むロボット技術が開発され、近接目視点検と同等な結果が得られることが確認されている⁸⁾。このような方法により点検すれば合理化が図られ、解表 1.4 の⑤に対応できると考えられる。

なお、短支間橋梁では極めて稀であるが、仮設足場、橋梁点検車やロープアクセスなどを用いて点検する場合もある。それらの橋梁の全体あるいは一部に対して、同等あるいはそれ以上の精度の結果が得られるならば、ロボットを用いた点検も可能である。あるいは、ロボットを用いた点検と、近接目視点検を組み合わせることも、可能である。これらにより、点検時期の選択の自由度の向上、点検費用の低減、および点検時間の短縮を図れることが期待される。

5章 措置方法

- (1) 健全度がⅢで、補修せずに点検強化する場合、5 年を待たずに近接目視点検する。
- (2) 凍結防止剤や飛来塩分の影響を受ける健全度がⅢのコンクリート橋に対して補修する場合、ひび割れ、剥落、浮きや錆汁が顕在化した面の全体を断面修復する。また、補修材料や補修範囲は必ず記録する。
- (3) 凍結防止剤や飛来塩分の影響を受けない環境下で、亀甲状のひび割れは発生しているものの、それが進行していない健全度がⅢのコンクリート橋に対して補修する場合、ひび割れを樹脂注入等で閉塞し、内部鉄筋への腐食要因物質の浸透を防ぐとともに、シラン系表面含浸材等で遮水対策する。また、補修材料や補修範囲は必ず記録する。
- (4) 健全度がⅣで、更新する場合、耐久性の高い材料を用いることが望ましい。

【解説】

(1)について 点検強化も措置のひとつである。ここで、点検強化としては、点検頻度を増加する、あるいは点検精度を向上する策がある⁹⁾。短支間橋梁では、点検精度を向上するより点検頻度を増加することが安価であり、合理化に資すると考えた。また、「変状に気付いたら市役所や町役場へ連絡して下さい」との案内板を該当の道路橋に設置することも、日常的に人が通行する道路においては有効である。

健全度がⅢに至った原因が、過酷な環境作用の場合、補修後も同様な厳しい環境にさらさ

8) 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 SIP インフラ地域実装支援チーム編：SIP インフラ新技術地域実装活動報告書 ～地域のインフラ維持管理の今後に向けて～、土木学会、2019

9) 土木学会コンクリート委員会 材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能研究小委員会編：材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能、コンクリート技術シリーズ Vol.71、2006

れ、再劣化が進行する可能性が高い。また、健全度がⅢに至った原因が、低品質な材料の場合、補修後も既存部材の劣化は進行する可能性が高い。この場合、数年程度ごとの再補修を繰り返すことになり、その都度に補修費用を要することになり、経済的ではない。したがって、ライフサイクルコストを鑑みると、できる限り補修せずに、点検強化による措置で供用し続け、健全度がⅣになったときに、更新あるいは撤去することが合理的である。

(2)について 鉄筋腐食が顕在化した短支間のコンクリート橋においては、ひび割れ、剥落、浮きや錆汁の顕在化した部位のみならず、部材の全面へ、発錆限界濃度を超える高濃度な塩化物イオンが浸透していることが多い。そのため、腐食による劣化損傷が顕在化していた個所のコンクリートのみを取り除いただけでは、その後に他の既設コンクリートで鉄筋が再腐食することが確認されている。したがって、対象の面の全体を断面修復することにした。

また、補修を先進している JR や NEXCO においても、確実に効果のある補修工法の精査は継続して進められている。したがって、市町村においても、試験施工を含めて実施工した場合のデータを蓄積することは重要である。

(3)について ASR によるひび割れの閉塞には、有機系あるいは無機系の注入材がある。また、幅が 0.6mm 以下のひび割れに対してはシラン系表面含浸材の塗布で吸水量を抑制できるとの報告もある¹⁰⁾。さらに、**解表 1.4** の⑦を踏まえて、北陸地方の市町村が管理する道路橋に対する簡易補修工法に関する試験施工を実施しており、「ひび割れ注入工法」および「剥落部の補修工法」の効果について調査している。今後費用対効果が評価されるので、適切な補修工法が選定されたら、この手引きを改良することにする。なお、(2)と同様に、補修のデータを蓄積することは重要である。

(4)について 北陸地方では良質で安定したフライアッシュが流通しており、またそれを混和したコンクリートの配合設計・製造・施工に関するマニュアル (<http://www.rikuden.co.jp/ash/attach/14040301.pdf>) も整備されている。これを用いることで、塩害や ASR の進行を低減できることは明らかにされており^{例えば 11),12)}、また温度ひび割れも低減でき¹³⁾、北陸新幹線の延伸工事を含めて、新潟県、富山県、石川県および福井県では実用化が進んでいる¹⁴⁾。したがって、更新により同様な環境作用を受ける橋梁に対しては現橋よりも長寿命化を図るべく、同時に地域環境に優しい社会基盤の整備を図るべく、混和材としてフライアッシュを 15~20% でセメントに内割置換したコンクリートを用いることを推奨する。

なお、**解図 2.2** に示すとおり、著しい初期不具合を有する道路橋の耐久性は極めて低い。

10)久保善司ほか：ひび割れ部におけるシラン系含浸材の適用性に関する研究、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、第 16 巻、pp.545-550、2016

11)宮里心一ほか：北陸産分級フライアッシュによるコンクリートの遮塩性向上効果に関する地域特性を踏まえた評価、コンクリート工学年次論文集、Vol.35、No.1、pp.163-168、2013

12)広野真一、鳥居和之：北陸地方を代表する安山岩系骨材のアルカリシリカ反応性とフライアッシュによる抑制機構、セメント・コンクリート論文集、第 66 巻、pp.499-506、2013

13)伊藤始ほか：分級フライアッシュの混和によるコンクリートの温度ひび割れ抑制効果の検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.35、No.1、pp.1267-1272、2013

14)石川太郎ほか：北陸新幹線におけるフライアッシュコンクリートの適用と試験施工、コンクリート工学年次論文集、Vol.40、No.1、pp.123-128、2018

したがって、更新においては、不具合がない構造物を建設しなければならない。そのため、プレキャスト製品を使用することが望ましく、一般に材料費、施工費と規制費等を含む建設費の総額は安価になる。

さらに、当該橋における将来の維持管理に要する費用が、地域の利便に資する効果と比較して、大幅に超過していれば、管理対象からの除外（撤去）も検討することが望ましい。この場合、既に安全性や使用性が低下しているならば、一定期間は通行止めにして、従来の利用者の迂回状況等を把握してから撤去（廃橋）の可否を判断すると、地域の利便性に及ぼす影響を考慮できる。

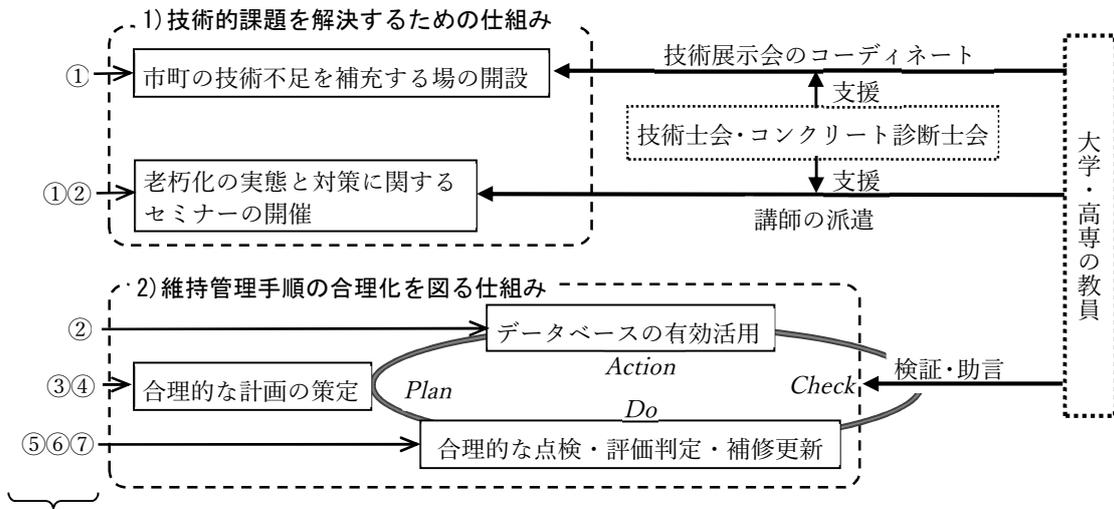
6章 手引きの運用

この手引きは、北陸地方の大学・高専の教員と市町村の職員が継続的に連携し、さらに必要に応じて技術士やコンクリート診断士、各県のセンターや公社、およびインフラメンテナンス国民会議等も交えて、協同で改善を図ることとする。

【解説】

解表 1.4 を踏まえて、市町村の課題を解決するための方策を解図 6.1 に示す。すなわち、「1)技術的課題を解決するための仕組み」および「2)維持管理手順の合理化を図る仕組み」を継続する必要がある。ここで、国土交通省、NEXCO、JR や県などにおいては、有識者も交えた委員会の方が設けられており、上述 1)の技術的課題への対応が図られている。さらに、高速道路、新幹線や港湾等の特定の構造物を対象にした、点検、評価判定、補修の流れはマニュアル等として整備されており、2)の維持管理の合理化への対応も図られている。ただし、解表 6.1 に示すとおり、道路橋を管理する組織によって、事情は異なる。したがって、国道や高速道路に対する維持管理の手順や方法を、市町村道の維持管理へ全て同様に転用することは困難である。

また、点検、評価判定、補修・更新のフローについては、図 3.1 に示した版を、運用しながら改善することで実装は進む。したがって、解図 6.1 に示す PDCA サイクルをまわしながら、標準版の更新や、各市町村の自然環境や社会環境を踏まえたカスタマイズ化を図ることが望ましい。



解表 1.4 の No

解図 6.1 市町村道の課題を解決するための仕組み

解表 6.1 道路橋の管理者の比較

項目	国道	高速道	県道	市町村道
職員		多	⇔	少
橋長		長	⇔	短
予算		多	⇔	少
関連組織	土木研究所	NEXCO 総研	センターや公社	—